



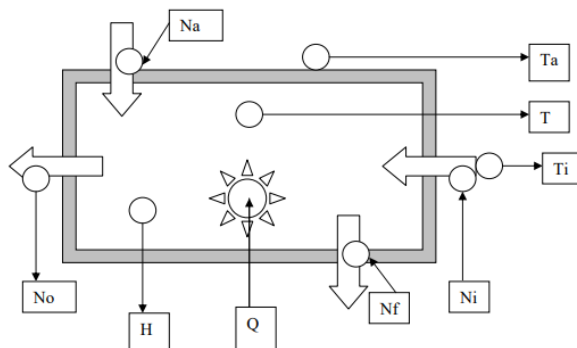
Trabalho Computacional

Este trabalho é baseado nas sugestões apresentadas pelo prof. Rômulo Silva de Oliveira em seu site <http://www.romulosilvadeoliveira.eng.br/livrotemporeal/Trabalhos/trabalhos.html>.

1 Simulador

Na pasta fornecida junto com este .pdf há um programa java chamado Aquecedor.jar. Esse programa simula um aquecedor elétrico de água utilizado em muitas residências para o fornecimento de água quente. Na figura a seguir é mostrado o esboço de um tal aquecedor. O recipiente é isolado termicamente com a finalidade de reduzir as perdas para o ar do meio ambiente. O elemento elétrico de aquecimento é controlado, a fim de manter uma temperatura de referência. O consumo de uma torneira qualquer da casa acarreta a saída de água quente e a entrada de água fria no recipiente deve ser controlada de acordo. Serão feitas as seguintes hipóteses simplificadoras:

- Não há armazenamento de calor no isolamento. Isto é válido desde que o calor específico do isolamento e a variação da temperatura da água sejam pequenos.
- Toda a água no interior do recipiente se encontra à mesma temperatura. Isto requer uma perfeita homogeneidade da água.



Definem-se os seguintes parâmetros e grandezas do sistema:

- “Q” fluxo de calor do elemento aquecedor [Joule/segundo]
- “Qt” fluxo de calor total fornecido à água do recipiente [Joule/segundo]
- “Qo” fluxo de calor retirado pela água quente que deixa o recipiente [Joule/segundo]
- “Qi” fluxo de calor inserido pela água fria que entra no recipiente [Joule/segundo]

- “Qe” fluxo de calor através do isolamento do recipiente [Joule/segundo]
- “T” temperatura da água no interior do recipiente [Grau Celsius]
- “Ti” temperatura da água que entra no recipiente [Grau Celsius]
- “Ta” temperatura do ar ambiente em volta do recipiente [Grau Celsius]
- “C” capacitância térmica da água no recipiente [Joule/Celsius]
- “R” resistência térmica do isolamento (2mm madeira) [0.001 Grau / (Joule/segundo)]
- “No” fluxo de água de saída do recipiente [Kg/segundo]
- “Ni” fluxo de água de entrada do recipiente [Kg/segundo]
- “Nf” fluxo de água de saída para esgoto controlada [Kg/segundo]
- “Na” fluxo de água aquecida a 80C de entrada controlada [Kg/segundo]
- “P” peso específico da água [1000 Kg/m3]
- “S” calor específico da água [4184 Joule/Kg.Celsius]
- “B” área da base do recipiente [4 m2]
- “H” altura da coluna de água dentro do recipiente [m]
- “V” volume de água dentro do recipiente [m3]
- $dV/dt = Ni/P + Na/P - No/P - Nf/P = (1/P)(Ni + Na - No - Nf)$
- $V = B \cdot H$
- $H = V / B$
- $dH/dt = (1/B) \cdot (1/P) \cdot (Ni + Na - No - Nf)$
- $C = S \cdot P \cdot B \cdot H$
- $dT/dt = (1/C) \cdot Q_t$ $Q_t = Q + Q_i + Q_a - Q_e$
- $Q_i = Ni \cdot S \cdot (Ti - T)$
- $Q_e = (T - Ta)/R$
- $Q_a = Na \cdot S \cdot (80 - T)$

O objetivo da automação é atender a solicitação de temperatura dos usuário, indicada por Tref, atuando no sentido de fazer $T = T_{ref}$. Ao mesmo tempo, o nível H da água no recipiente deve permanecer no valor ideal Href. Estão disponíveis sensores para os valores Ta, T, Ti, No e H. A atuação será realizada nas variáveis Q, Ni, Na e Nf. São perturbações no sistema os valores No, Ta e Ti. H deve ficar entre Hmin (0.1m) e Hmax (3m), sob pena de danificar o aquecedor.

O aquecedor possui instrumentação embutida e aceita os seguintes comandos:

- “sta0” lê valor de Ta
- “st-0” lê valor de T
- “sti0” lê valor de Ti
- “sno0” lê valor de No
- “sh-0” lê valor de H
- “ani123.4” define valor de Ni como 123.4
- “aq-567.8” define valor de Q como 567.8
- “ana123.4” define valor de Na como 123.4
- “anf123.4” define valor de Nf como 123.4

2 Controlador

Junto com o simulador java, é também fornecida uma aplicação em C cujo objetivo é controlar o aquecedor. No código main.c, usa-se a biblioteca das pthreads para implementar as seguintes funcionalidades:

- Exibição na tela da temperatura e do nível dentro do aquecedor;
- Leitura da temperatura e do nível da água;
- Laço de controle da temperatura como tarefa periódica;
- Armazenagem periódica do tempo de resposta da thread de controle da temperatura;

3 Como executar

Há diversas formas de executar o simulador e o controlador. A seguir, será descrita uma maneira de executá-los usando o sistema operacional Windows, mas não há nenhum impedimento de rodar em outros SOs. Além disso, mesmo para o Windows, podem-se utilizar outros programas diferente dos que são mencionados a seguir. Repito, essa é apenas uma possibilidade.

Na descrição a seguir, será considerado que os arquivos estão armazenados na pasta:
“C:\Users\aluno\Desktop\Code”

3.1 Simulador

- Abra o prompt de comando;
- Entre na pasta onde estão seus arquivos
 - “cd C:\Users\aluno\Desktop\Code”
- Rode o simulador do aquecedor (é necessário colocar o numero da porta UDP através da qual a instrumentação da caldeira pode ser acessada, ex.: 4545)
 - “java -jar .\Aquecedor.jar 4545”
- Clique em SIMULAR na janela que aparecer para iniciar o simulador.

3.2 Controlador

- Caso ainda não tenha Linux rodando na sua máquina, uma opção é baixar o WSL2;
- Depois de instalado o WSL2, procure no menu de programas do Windows por Ubuntu e abra-o;
- É necessário instalar o gcc no Linux, para isso faça:
 - “sudo apt update”
 - “sudo apt install build-essential”
- Vá agora para o diretório de trabalho onde estão os arquivos. Para isso você precisa montar a árvore de arquivos do Windows usando o comando mnt na máquina Linux:
 - “cd /mnt/c/Users/aluno/Desktop/Code”
- Compile o programa criando um código executável, com nome “main” (por exemplo)
 - “gcc -o main *.c”
- Lembre-se que o aquecedor já está rodando (abrimos o .jar no passo anterior). É necessário saber o IP da máquina na qual o aquecedor está rodando. Como no caso do WSL, o gateway padrão é o IP da máquina, então rodamos o comando “ip r” e então pegamos o endereço IP que vem logo depois de “default via”
 - Esse comando deve retornar um IP, por exemplo, 111.11.11.1

- Finalmente, chame seu código executável informando o endereço onde está o aquecedor e sem esquecer da porta que ela escuta:

– “./main 111.11.11.1 4545”

Para mais informações, você pode dar uma lida no material disponível em:
<http://www.romulosilvadeoliveira.eng.br/livrotemporeal/Trabalhos/trabalhos.html>

4 Para Fazer

- O código fornecido já possui uma thread responsável pelo controle da temperatura. Baseado nesse código desenvolva o código para o controle do nível da água. O nível da água alvo é de 2m enquanto a temperatura alvo da água é $29^{\circ}C$.
- O código fornecido já guarda no arquivo “dados.txt” o tempo de resposta do controlador de temperatura. Faça o mesmo para o tempo de resposta do controlador do nível de água desenvolvido no item anterior.
- Analogamente, guarde o nível da água e a sua temperatura.
- Escreva um relatório no qual deverão ser apresentados:
 - O código criado nos itens anteriores por você. Apenas as funções, e arquivos que vocês criaram.
 - Uma figura onde no eixo Y tem-se o tempo de resposta do controlador de temperatura e no eixo X tem-se o índice de uma dada amostra que foi salva.
 - Figura similar à anterior, mas para o tempo de resposta do controlador do nível da água.
 - Histograma dos tempos de resposta do controlador de temperatura.
 - Histograma dos tempos de resposta do controlador do nível da água.
 - O pior tempo de resposta obtido na execução de cada uma dessas duas tarefas.
 - Figura contendo evolução temporal da temperatura da água.
 - Figura contendo evolução temporal do nível da água. Note que é esperado que ao final esses valores tenham convergido para os valores de referência que foram solicitados.

Data de entrega do relatório: **06/07/2023**

E-mail para entrega do relatório: **victorfarias@ufc.br**